

초고압 OF 케이블 급유계통의 조기이상검지시스템

김 영, 성경규, 한창석

New leakage detection system for the hydraulic system of EHV underground oil-filled cables

Y. Kim, J. K. Seong, C. S. Han

**Abstract** - Globally, oil-filled paper-insulated cables and cross-linked polyethylene-insulated cables have been mainly applied for a underground power transmission line. The oil-filled cable has the hydraulic system in which insulating oil, expanded and contracted by temperature changes, is absorbed and supplied. This system enable us to detect oil leakages from the cable. But it has some problems such as difficulty in detecting minor leakages and a relatively long period of fault detecting. And so, this paper introduce a new leakage detection system, improved from the current one.

1. 서 론

세계적으로 초고압 전력케이블은 대도시 및 신도시, 공단, 대형공장 등의 지역에서 송전선로로 널리 적용되고 있다. 현재 전력케이블로서 유입(Oil-filled, OF)지절연 전력케이블과 가교폴리에틸렌(Cross-linked Polyethylene, XLPE)절연 전력케이블이 주종을 이루고 있다. 우리나라의 경우, OF 케이블은 154kV 급 및 345kV급 송전선로에 적용되고 있으며, XLPE 케이블은 154kV급 송전선로에 적용되고 있다. 점차로 전력케이블이 송전계통에서 차지하는 역할이 증대됨에 따라 이에 대한 유지 및 감시 시스템에 대한 요구가 증대되고 있다. 여기서 OF 케이블은 절연유로 충전된 고품질의 절연지를 절연체로 하고 절연유의 유압을 대기압력이상으로 유지함으로써 매우 우수한 전기적 특성을 갖고 있다. 또한 온도변화에 따른 절연유의 수축 및 팽창을 흡수하기 위한 급유 시스템을 통해 누유 및 고장 상태를 감지할 수 있다. 그러나, 이 시스템은 고장 발생 이후 검출까지 수 시간이 걸리며, 미량의 누유에 대해서는 감지능력이 떨어지는 등 몇 가지 문제점을 갖고 있다. 본고에서는 이런 문제점을 개선한 새로운 시스템인 조기이상검지시스템의 개념, 구성, 장비 및 효과에 대하여 소개하고 있다.

2. 조기이상 검지시스템

2.1 기존의 누유검지 시스템

기존의 누유검지 시스템은 케이블 및 급유설비의 유량 및 유압이 어느 지점(경보점)에 도달했을 때 경보체제가 작동하여 검지하는 시스템이다. 경보점에는 상한과 하한의 두 종류가 있다. 154kV급 OF 케이블의 경우, 유압에 대하여 상한 및 하한을 감시하며, 345kV급 OF 케이블의 경우에는, 유량 및 유압의 상한과 하한 그리고 유압의 최하한을 감시하고 있다. 여기서, 시스템의 여유

[표 1] OF 케이블의 기존 누유검지 시스템

경보종류	설정여부		비고
	154kV	345kV	
유압상한	○	○	*상시 최고유압
유압하한	○	○	*상시 최저유압
유량최하한		○	*비상시 최저유량
유량상한		○	*상시 최고유량
유량하한		○	*상시 최저유량

유량은 하한경보가 발생후 선로의 운전을 정지하여야 하는 최하한까지 일정 시간을 벌여 준다.

2.2 신 검지시스템의 개념

신 시스템의 기본 개념은 급유설비에 유량센서를 설치하고 센서에서 얻은 정보를 비교, 분석하여 이상여부를 판정하는 것이다. 기설의 전화선을 이용하여 정보전송이 이루어질 수 있어 중앙 감시국에서의 집중적인 감시가 가능하다. 조기이상의 판정방식에는 상간유량 비교방식, 연간유형 비교방식, 회선간 비교방식 그리고 구간간 비교방식이 사용된다. 상간유량 비교방식은 단심 케이블의 경우에 각 상간 유량차이를 비교하여 이상여부를 판정하는 방식이다. 연간유형 비교방식은 과거의 데이터로부터 연간 유량변화를 유형화하여 실제 데이터와 비교하여 판정하는 방식이다. 회선간 비교방식은 3심 케이블 및 단심 케이블의 삼상일괄급유에서 부하전류가 평형상태일 때 각 회선의 유량을 비교하는 방식이다. 구간간 비교방

[표 2] 급유 시스템에 따른 조기이상의 판정방식

급유 시스템	상별 개별 급유				삼상 일괄 급유			
	1회선		다회선		1회선		다회선	
	단일구간	복수구간	단일구간	복수구간	단일구간	복수구간	단일구간	복수구간
상간유량 비교방식	◎	◎	◎	◎				
연간유형 비교방식	○				◎	○	○	
회선간 비교방식			○				◎	○
구간간 비교방식		○		○		◎		◎

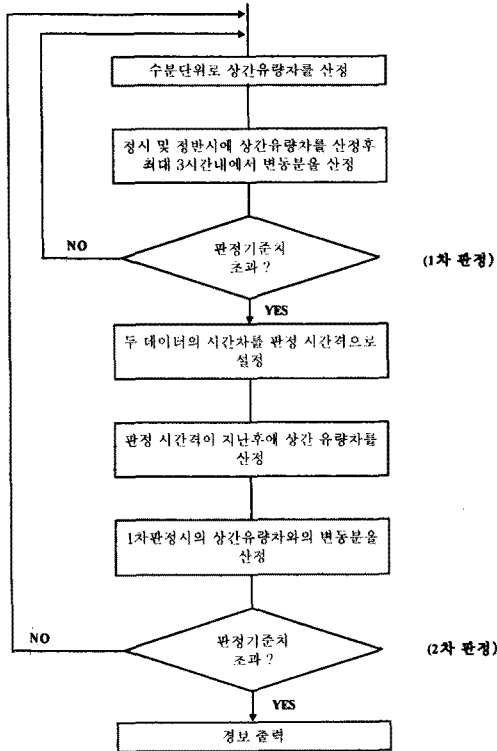
◎ 주판정

○ 보조판정

식은 급유구간이 복수인 경우에 각 구간의 유량을 관계식을 이용하여 비교하는 방식이다(〔표 2〕 참조).

### 2.3 대량 누유의 판정방법

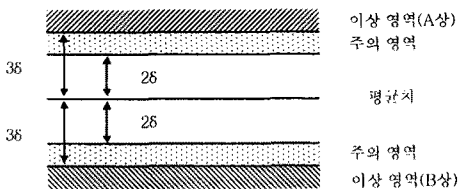
대량 누유의 판정은 [그림 1]의 흐름에 따라 이루어지며, 판정 기준치는 통상적으로 유조 용량의 0.4% 정도로 설정된다. 판정 시간격에서 산정된 상간 유량차의 변동분이 2회 연속하여 판정 기준치를 초과하면 누유 경보가 발하게 된다. 기존 시스템의 경우 수백 리터 누유후에 경보가 발하는 반면에, 신 시스템의 경우에는 수 리터의 누유후에 판정이 가능하며 판정시간도 수십 분에서 수 시간정도면 충분하다.



〔그림 1〕 대량 누유의 판정 방법

### 2.4 중소량 누유의 판정방법

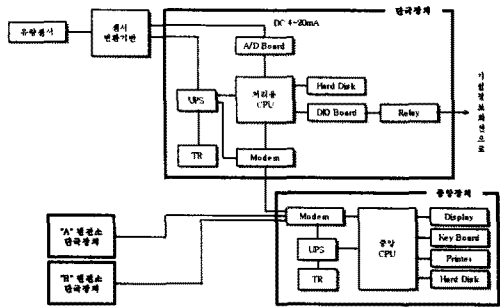
중소량 누유의 판정은 하루 단위로 행해지고, 상간 유량차에 대한 일간 실적 데이터를 통계하여 일간 최저치의 평균치와 편차( $\delta$ )를 구한다. 상간 유량차의 최저치가  $\pm 2\delta$  이상으로 산정된 경우에 주의가 요구되고,  $\pm 3\delta$  을 초과하면 이상으로 판정된다.



〔그림 2〕 중소량 누유의 판정 방법

### 2.5 시스템의 구성 요소

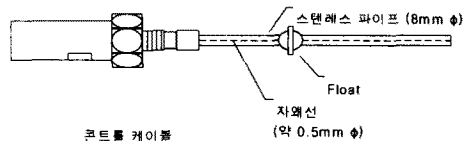
시스템의 구성요소는 중앙 장치, 단국 장치, 센서변환기반, 유량 센서, 제어 케이블 등이 있다. 여기서, 기존의 전화선이 제어 케이블로 이용될 수 있다. 유량센서는 급유설비내에 매입되고 제어 케이블을 통해 센서변환기반에 연결된다. 단국장치에서는 데이터 전송, 조작과 제어등을 담당한다. 중앙장치는 PC와 관련 부속장치로 구성되며, 여러 개의 단국장치와 연결되어 중앙집중감시가 가능하게 한다.



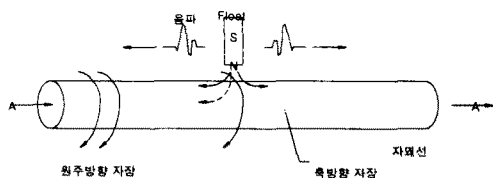
〔그림 3〕 시스템의 구성

### 2.6 유량센서의 작동원리

시스템의 검지 감도는 유량센서의 정밀도에 의해 영향을 받게 된다. 유량센서는 직선형 자왜선(磁歪線)으로서  $\pm 0.05\%$ 의 고정밀도를 가지고 있다. 자왜선의 한 쪽에서 전류펄스를 가하면 원주방향의 자계가 생기고 전류와 함께 전파된다. 플로트(Float)의 자석에 의하여 전파되는 자계가 일그러지고 자왜선이 진동하면 음파를 발생하게 된다(Weidemann 효과). 이 음파는 자왜선을 따라 음속으로 퍼지고 전류펄스 인가부로부터 돌아오는 시간을 측정하면 자석의 위치를 검출할 수 있다.



〔그림 4〕 유량센서의 구조



〔그림 5〕 유량센서의 작동원리

### 3. 결 론

[표 4]에서는 실제 선로에서 누유가 발생하였을 때 기존 시스템과 신 시스템의 누유검출에 대하여 모의 실험한 결과를 보여주고 있다. 기존 시스템은 누유 발생후 약 40시간이 경과한 후에 경보가 작동하였고, 그때까지 누유량은 약 500Lr인 반면에, 신 시스템은 각각 약 1시간, 약 20Lr정도 였다.

[표 3] 기존 시스템과 신 시스템의 누유 검출 비교

항목	기존 시스템	신 시스템
누유검출시간	40 Hr	1 Hr
누유량	500 Lr	20 Lr

위와 같이 신 시스템은 유량센서와 같은 간단한 설비로

- 누유의 조기 발견
- 복구에 대한 시간적 여유의 증대
- 미소량의 누유도 발견 가능
- 유지보수를 위한 인력의 축소

등의 효과를 얻을 수 있어 OF 케이블의 유지보수를 위하여 그 적용이 확대될 전망이다.

#### (참 고 문 헌)

[1] Tadashi Nishio 의, "OF 케이블 선로 급유계통 조기에 상검지시스템". SEI Technical Review, No 137, 31~35, 1995